INSO
21278
1st.Edition
2017
Identical with
ISO 24013: 2006

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۱۲۷۸
چاپ اول
۱۳۹۵

اپتیک و فوتونیک–لیزرها و تجهیزات مربوط به لیزر– اندازه‌گیری تأخیر فاز اجزای اپتیکی برای تابش لیزر قطبیده

Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Measurement of phase retardation of optical components for polarized laser radiation

ICS: 31.260

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri .gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اپتیک و فوتونیک–لیزرها و تجهیزات مربوط به لیزر– اندازه‌گیری تأخیر فاز اجزای اپتیکی برای تابش لیزر قطبیده »

رئیس :	**سمت و/ یا محل اشتغال**
احمدپور ، کوروش (دکتری پوست و مو)	پزشک- متخصص پوست و مو
دبیر :	
فاطمی، سیده راحیل (کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک)	مدیر عامل- شرکت اندیشه فاخر شهرکرد
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
سرخوش، لیلا (دکتری فیزیک اتمی- مولوکولی)	کارشناس- مرکز نظام ایمنی هسته‌ای سازمان انرژی اتمی
شفیعی، لیلا (کارشناسی فیزیوتراپی)	عضو- مرکز فیزیوتراپی شهرکرد
عجمی، عاطفه (کارشناسی ارشد فیزیک)	عضو- جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف
فاطمی، سید احسان (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	کارشناس- اداره کار و تعاون چهارمحال و بختیاری
قانی، امیر محمد (کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی)	کارشناس- تجهیزات دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
کاظمی، سید مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی)	کارشناس- تجهیزات دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
معمارزاده، عزت الله (پزشک- متخصص چشم)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

ویراستار:

مرندی، وحید — کارشناس-انستیتو پاستور ایران
(کارشناسی‌ارشد– مهندسی شیمی)

فهرست مندرجات

پیش‌گفتار ح
مقدمه ط
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ نمادها، اصطلاحات و سرنام‌ها ۲
۵ اصول اندازه‌گیری ۲
۶ آماده‌سازی نمونه آزمون و چیدمان اندازه‌گیری ۴
۶-۱ کلیات ۴
۶-۲ آماده‌سازی باریکه لیزر ۴
۶-۳ تنظیم نمونه و سامانه واسنجی ۵
۶-۳-۱ نمونه‌های بازتاب‌شونده ۵
۶-۳-۲ روش هم‌ترازی ممکن ۵
۶-۳-۳ نمونه‌های انتقال‌دهنده ۶
۶-۴ سامانه آشکارسازی ۶
۶-۴-۱ کلیات ۶
۶-۴-۲ تحلیل‌کننده قطبش ۶
۶-۴-۳ آشکارساز توان ۶
۷ روش آزمون ۷
۷-۱ روش آزمون برای تأخیر فاز صفر ۷
۷-۱-۱ کلیات ۷
۷-۱-۲ روش ساده آزمون برای اختلاف جذب صفر ۷
۷-۱-۳ روش آزمون برای اختلاف جذب غیر صفر ۸
۷-۲ روش آزمون برای تأخیر فاز $\pi/2$ ۸
۷-۲-۱ کلیات ۸
۷-۲-۲ روش ساده آزمون برای اختلاف جذب صفر ۸
۷-۲-۳ روش آزمون برای اختلاف جذب غیر صفر ۸
۸ ارزیابی ۸

۸-۱ کلیات ۸
۸-۲ ارزیابی تأخیر فاز صفر ۹
۸-۲-۱ ارزیابی اختلاف جذب صفر ۹
۸-۲-۲ ارزیابی اختلاف جذب غیر صفر ۹
۸-۳ ارزیابی تأخیر فاز $\pi/2$ ۹
۸-۳-۱ ارزیابی اختلاف جذب صفر ۹
۸-۳-۲ ارزیابی اختلاف جذب غیر صفر ۹
۹ گزارش آزمون ۹
پیوست الف (آگاهی‌دهنده)- پس‌زمینه نظری ۱۲

پیش‌گفتار

استاندارد «اپتیک و فوتونیک –لیزرها و تجهیزات مربوط به لیزر – اندازه‌گیری تأخیر فاز اجزای نوری برای تابش لیزر قطبیده» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در ششصد و سی و یکمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۵/۱۲/۰۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 24013: 2006, Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Measurement of phase retardation of optical components for polarized laser radiation

مقدمه :

به طور معمول مطلوب است که حالت قطبش تحت تأثیر اجزای اپتیکی مورد استفاده، قرار نگیرد. تأثیر اجزای اپتیکی بر روی قطبش باریکه[1] برای ایجاد یا حفظ حالت‌های خاصی از قطبش، بسیار مهم است. برای ایجاد تابش قطبیده دایره‌ای از تابش قطبیده خطی، از تأخیرساز فازی $\pi/2$ استفاده می‌شود.

این استاندارد ملی، روش‌های تعیین تأخیر فاز نسبی اجزای اپتیکی را نسبت به قطبش محورهای x و y و قطبش p و s، به‌ترتیب شرح می‌دهد. این استاندارد ملی برای سازندگان اجزای اپتیکی، تامین‌کنندگان و مشتریان این اجزای و به‌منظور تعیین تأثیر تأخیر فاز اجزای اپتیکی، ضروری است.

1- Beam

اپتیک و فوتونیک– لیزرها و تجهیزات مربوط به لیزر– اندازه‌گیری تأخیر فاز اجزای اپتیکی برای تابش لیزر قطبیده

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص‌کردن روش‌های آزمون برای تعیین تأخیر فاز اپتیکی اجزای اپتیک با استفاده از باریکه‌های قطبیده لیزر می‌باشد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 11145, Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols

2-2 ISO 12005, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam parameters — Polarization

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶۵۶۷، سال :۱۳۹۲، عنوان : لیزر و تجهیزات مرتبط با لیزر – روش های آزمون برای پارامترهای باریکه های لیزری – پلاریزاسیون.

2-3 ISO 14644-1:1999, Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1:Classification of air cleanliness

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۲۵۲، سال :۱۳۸۱، اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده – قسمت اول: طبقه‌بندی تمیزی هوا.

۳ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این سند، اصطلاحات و تعاریف داده شده در استاندارد ISO 11145 و استاندارد ISO 12005، به کار می‌روند.

۴ نمادها، اصطلاحات و سرنام‌ها

نمادهای استفاده شده و واحدهای اند ازه‌گیری

نماد	واحد	اصطلاح
ρ	۱	درجه قطبش خطی
ϕ	rad	زاویه تحلیل‌گر
a_1	V/m	دامنه میدان الکتریکی در جهتx
a_2	V/m	دامنه میدان الکتریکی در جهت y
a,b	V/m	محورهای اصلی بیضی ارتعاشی
δ	rad	اختلاف فاز
$\Delta\delta$	rad	تأخیر فاز
E	V/m	بردار میدان الکتریکی
α_x	۱	جذب در جهت x
α_y	۱	جذب در جهت y
Ψ	rad	زاویه محور اصلی بیضی ارتعاشی

۵ اصول اندازه‌گیری

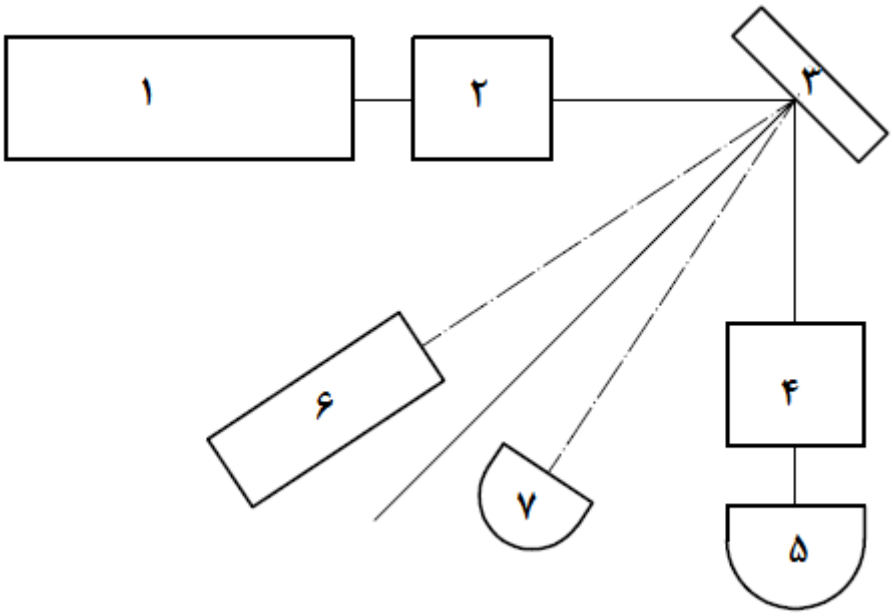
اجزای اپتیکی مورد آزمون، توسط باریکه‌ای از لیزر با حالت قطبش معین، تحت تابش قرار می‌گیرند. حالت قطبش باریکه بعد از عبور جزء، با استفاده از یک تحلیل‌گر تعیین می‌شود. سپس تأخیر فاز از تغییر حالت قطبش، ارزیابی می‌شود.

دو حالت را می‌توان تشخیص داد:

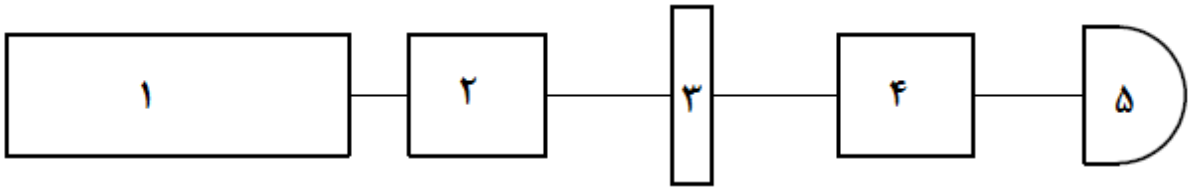
الف) تأخیر فاز مورد انتظار، نزدیک صفر است: در این حالت، یک باریکه قطبیده دایره‌ای باید برای آزمون استفاده شود؛

ب) تأخیر فاز مورد انتظار، نزدیک π/۲ است: در این حالت، یک باریکه قطبیده خطی باید برای آزمون استفاده شود.

شکل ۱ نحوه برپایی اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.



الف) مسیر اپتیکی برای نمونه‌های بازتابنده



ب) مسیر اپتیکی برای نمونه‌های انتقال دهنده

راهنما:

۱ لیزر
۲ قطبش‌گر (خطی یا دایره‌ای)
۳ نمونه تحت آزمون
۴ تحلیل‌گر
۵ آشکار ساز
۶ لیزر هم‌ترازکننده[1]
۷ آشکارساز حساس به موقعیت

شکل ۱- طرح شماتیک از برپایی تنظیمات اندازه‌گیری

یک لیزر و یک قطبش‌گر خطی یا دایره‌ای باید در ترکیب با یک تحلیل‌گر و یک آشکارساز توان استفاده شود. برای اندازه‌گیری نمونه‌های بازتابنده یک لیزر هم‌ترازکننده در ترکیب با یک آشکارساز حساس به موقعیت، هم‌ترازی زاویه تکرارپذیر (قابل تنظیم) نمونه تحت آزمون را تضمین می‌کند.

1- Alignment

۶ آماده‌سازی نمونه آزمون و چیدمان اندازه‌گیری

۶-۱ کلیات

ذخیره‌سازی، تمیز کردن و آماده‌سازی نمونه‌های آزمون برای استفاده معمول، مطابق با دستورالعمل‌های سازنده انجام می‌شوند.

محیط محل آزمون از هوای فیلتر شده بدون گرد و غبار با رطوبت نسبی کمتر از ۶۰٪ تشکیل شده است. برای مثال، گرد و غبار باقی مانده به‌طور مثال مطابق با اتاق تمیز طبقه ۷ استاندارد، (چنان که در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۶۲۵۲، سال :۱۳۸۱، اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده – قسمت اول: طبقه‌بندی تمیزی هوا تعریف شده) کاهش یافته است.

یک لیزر قطبیده خطی باید به‌عنوان منبع تابش، استفاده شود. برای این‌که خطاها تا حد ممکن پایین نگه‌داشته شوند، بهتر است پایداری توان باریکه تا حد ممکن، بالا باشد.

طول موج، زاویه برخورد و حالت قطبش تابش لیزر مورد استفاده برای اندازه‌گیری باید مطابق با مقادیر مشخص‌شده توسط سازنده برای استفاده نمونه آزمون، باشند. اگر گستره‌ها برای این سه کمیت، قابل قبول باشند، می‌توان هر ترکیبی از طول موج، زاویه برخورد و حالت قطبش را از این سه گستره انتخاب کرد.

۶-۲ آماده‌سازی باریکه لیزر

درستی اندازه‌گیری به شدت تحت تاثیر تعیین دقیق حالت قطبش باریکه لیزر، قرار می‌گیرد. بنابراین ضروری است که حالت قطبش باریکه کاوشگر(پروب)[1] (خطی یا دایره‌ای)، به دقت آماده شود.

اگر تأخیر فاز مورد انتظار نزدیک $\pi/2$ باشد، باید از باریکه قطبیده خطی استفاده شود. کمیت $(1-\rho)$، که ρ درجه قطبش خطی است، باید کمتر از 10^{-3} باشد. این مقدار باید با استفاده از تحلیل‌گر بدون حضور نمونه در مسیر باریکه، تأیید شود.

یادآوری ۱– چنین حالتی از قطبش را می‌توان با استفاده از یک باریکه لیزر قطبیده خطی در ترکیب با عناصر قطبش‌گر اضافی، به دست آورد.

اگر تأخیر فاز مورد انتظار نزدیک صفر باشد، باید از باریکه قطبیده دایره‌ای استفاده شود. درجه قطبش خطی ρ باید کمتر از 10^{-3} باشد. این مقدار باید با استفاده از تحلیل‌گر بدون حضور نمونه در مسیر باریکه، تأئید شود.

یادآوری ۲- چنین حالتی از قطبش را می‌توان با استفاده از یک باریکه لیزر قطبیده خطی در ترکیب با عناصر قطبش‌گر اضافی و یک عنصر تأخیر دهنده $\pi/2$ فاز ، به دست آورد.

1- Probe

کلیه عناصر اپتیکی نباید کمیت (ρ-1) را در حالت باریکه قطبیده خطی و ρ را در حالت باریکه قطبیده دایره‌ای، بیش از مقدار 10^{-3} افزایش دهند. به‌همین دلیل، استفاده از آینه‌های تاشو در برپایی آزمون، توصیه نشده و باید عناصر اپتیکی دیگری در شرایط عادی استفاده شوند.

۶-۳ تنظیم نمونه و کالیبراسیون[1] سامانه

۶-۳-۱ نمونه‌های بازتابنده

نمونه باید با دقت زیاد در زاویه برخورد مطابق با مشخصات سازنده، نصب شود. انحراف از زاویه مورد نظر برای استفاده باید کمتر از ۲mrad باشد. به این منظور، نمونه باید بر روی یک طبقه چرخان دقیق نصب شود. بازتاب باریکه لیزر به درون حفره[2] لیزر، برخورد عادی را تعیین می‌کند.

علاوه بر آن، در حالت یک باریکه کاوشگر قطبیده خطی، زاویه بین صفحه ارتعاشی باریکه لیزر ورودی و صفحه برخورد باید ($\pi/4 \pm 2$)mrad باشد.

۶-۳-۲ روش هم‌ترازی ممکن

اول، لیزر باید طوری تنظیم شود که انتشار باریکه، موازی با سطح میز اپتیکی باشد. دوم این‌که باریکه بازتاب‌شده از نمونه باید طوری تنظیم شود که انتشار باریکه بازتابی نیز برای همه زوایای برخورد، موازی با سطح میز اپتیکی باشد. سوم این‌که در حالت ورود که یک باریکه قطبیده خطی، زاویه بین صفحه ارتعاشی و صفحه میز اپتیکی باید به اندازه $\pi/4$ تنظیم شده باشد. این کار می‌تواند با تنظیم ابتدایی قطبش‌گر خطی به‌گونه‌ای که صفحه ارتعاشی، موازی با میز اپتیکی باشد، به‌دست آید. با استفاده از یک پنجره بروستر[3] که محور چرخش آن عمود بر میز اپتیکی است می‌توان این مسئله را بررسی کرد. اگر تحت این شرایط، کمینه توان بازتابی موازی با میز اپتیکی انتشار یابد، چرخش قطبش‌گر خطی به اندازه $\pi/4$ ، زاویه مطلوب باریکه قطبیده خطی را در نهایت فراهم می‌کند.

هنگامی که هم‌ترازی مطابق با روش شرح‌شده در بالا، کالیبره شده باشد، هم‌ترازی صحیح نمونه‌های اضافی را می‌توان با استفاده از یک لیزر اضافی با ثبات نقطه‌ای بالا[4] و یک آشکارساز حساس به موقعیت، ساده کرد (به شکل ۱ مراجعه شود). در این حالت، باریکه لیزر اضافی به جزئی که تحت برخورد نزدیک به عادی قرار گرفته، برخورد می‌کند و تنظیم نمونه تحت آزمون، به گونه‌ای انجام می‌شود که باریکه لیزر بازتابی به آشکارساز حساس به موقعیت، در همان مکان قبلی برخورد می‌کند.

---

1 - Calibration
2- Cavity
3- Brewster window
4- High pointing stability

۶-۳-۳ نمونه‌های انتقال دهنده

نمونه باید تحت زاویه برخوردی مطابق با مشخصات سازنده، نصب شود. انحراف از زاویه موردنظر باید کمتر از ۲ mrad باشد.

۶-۴ سامانه آشکارسازی

۶-۴-۱ کلیات

سامانه آشکارسازی شامل یک تحلیل‌گر قطبش و آشکارکننده توان است.

۶-۴-۲ تحلیل‌گر قطبش

برای تعیین حالت قطبش باریکه لیزر پس از عبور از نمونه آزمون، استفاده از یک تحلیلگر قطبش نصب شده بر روی پایه چرخان، ضروری است.

تحلیل‌گر باید قابلیت توصیف حالت قطبش باریکه لیزر بعد از عبور از میان قطبش‌گر اضافی را با درستی مشخص داشته باشد (به زیربند ۶-۲ مراجعه شود).

۶-۴-۳ آشکارساز توان

برای اطمینان از این‌که تمام باریکه به سطح آشکارساز اصابت کند، بهتر است عرض آشکارساز حداقل دو برابر قطر باریکه باشد.

برای آشکارساز کم‌نوفه[1]، گستره دینامیکی بالایی از نسبت سیگنال به نوفه، مورد نیاز است زیرا این مسئله به‌طور مستقیم بر روی قدرت تفکیک[2] تأثیر دارد. به‌علاوه، آن مشخصات آشکارساز باید بر روی گستره وسیعی از سیگنال، خطی باشد زیرا این مسئله نیز به‌طور مستقیم بر روی درستی اندازه‌گیری‌ها، تأثیر دارد.

یادآوری–آشکارسازی‌های سیلیکونی برای گستره طیفی مرئی و نزدیک به فروسرخ، همچنین آشکارسازهای پیروالکتریک[3] برای گستره طیفی فروسرخ، ممکن است این ویژگی‌ها را برآورده کنند.

1- Low noise detector
2 - Resolution
3 - Pyroelectric

۷ روش آزمون

۷-۱ روش آزمون برای تأخیر فاز صفر

۷-۱-۱ کلیات

اگر تأخیر فاز مورد انتظار نزدیک به صفر باشد، قطبش باریکه کاوشگر باید به‌صورت دایره‌ای باشد. این مورد را می‌توان با استفاده از یک لیزر قطبیده خطی، در ترکیب با تیغه ربع موج[1] یا وسیله مشابه، به‌دست آورد. قبل از آزمون، حالت و درجه این قطبش دایره‌ای باید اندازه‌گیری و ثبت شود. حالت اولیه قطبش توسط معادله زیر، مشخص می‌شود (به پیوست الف نیز مراجعه شود).

$$\cos\delta = \frac{E^2(45°) - E^2(135°)}{2\sqrt{E^2(90°)\,E^2(0°)}} \qquad (۱)$$

که E^2 در آن، بزرگی سیگنال آشکارساز است.

۷-۱-۲ روش ساده آزمون برای اختلاف جذب صفر

در حالتی که اختلافی در جذب نباشد، کافی است سیگنال‌های آشکارساز در دو موقعیت تحلیل‌گر، ۴۵° و ۱۳۵° اندازه‌گیری شوند. سپس اختلاف فاز توسط معادله زیر، ارائه می‌شود:

$$\cos\delta = \frac{\dfrac{E^2(45°)}{E^2(135°)} - 1}{\dfrac{E^2(45°)}{E^2(135°)} + 1} \qquad (۲)$$

۷-۱-۳ روش آزمون برای اختلاف جذب غیر صفر

اگر اختلافی در جذب برای دو جزء قطبش وجود داشته باشد، کافی است سیگنال آشکار ساز در چهار موقعیت تحلیل‌گر، صفر درجه، ۴۵°، ۹۰° و ۱۳۵° اندازه‌گیری شود. اختلاف فاز توسط معادله (۱) ارائه شده است.

سپس اختلاف نسبی در جذب توسط معادله زیر ارائه می‌شود:

1- Quarter – wave plate

$$\frac{E^2(90°)}{E^2(0°)} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 \qquad \frac{a_2}{a_1} = \sqrt{\frac{1-\alpha_y}{1-\alpha_x}} \tag{۳}$$

۷-۲ روش آزمون برای تأخیر فاز π/۲

۷-۲-۱ کلیات

اگر تاخیر فاز مورد انتظار، نزدیک π/۲ باشد، قطبش باریکه کاوشگر باید خطی باشد. قبل از آزمون، حالت و درجه این قطبش خطی باید اندازه‌گیری و ثبت شود. حالت اولیه قطبش توسط منحنی برازش[1] با تابع داده شده توسط معادله (الف -۴) مشخص می‌شود.

۷-۲-۲ روش ساده آزمون برای اختلاف جذب صفر

در حالتی که اختلافی در جذب نباشد، کافی است سیگنال های آشکارساز در دو موقعیت تحلیل‌گر، ۴۵° و ۱۳۵° اندازه‌گیری شود. سپس اختلاف فاز توسط معادله (۲) ارائه می‌شود.

۷-۲-۳ روش آزمون برای اختلاف جذب غیرصفر

اگر اختلافی در جذب برای دو جزء قطبش وجود داشته باشد کافی است سیگنال آشکارساز در چهار موقعیت تحلیل‌گر، صفر درجه، ۴۵°، ۹۰° و ۱۳۵° اندازه‌گیری شود. اختلاف فاز توسط معادله (۱) ارائه شده است.

سپس اختلاف نسبی در جذب توسط معادله (۳) ارائه می‌شود.

۸ ارزیابی

۸-۱ کلیات

اختلاف فاز اولیه باریکه کاوشگر باید به ترتیب، مطابق با زیربندهای ۷-۱ و ۷-۲، با استفاده از معادله (۱) ارزیابی شود. تأخیر فاز باید با کم‌کردن اختلاف فاز قبل از نمونه، از اختلاف فاز بعد از نمونه، ارزیابی گردد.

$$\Delta\delta = \delta_{\text{after sample}} - \delta_{\text{before sample}} \tag{۴}$$

1- Curve Fit

۸-۲ ارزیابی تأخیر فاز صفر

۸-۲-۱ ارزیابی اختلاف جذب صفر

تأخیر فاز ایجاد شده توسط نمونه آزمون، با محاسبه تفاوت بین اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده باریکه کاوش‌گر (بدون نمونه آزمون، به زیربند ۱-۱-۷ و معادله (۱) مراجعه شود) و اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده بعد از عبور از نمونه آزمون (به زیربند ۲-۱-۷ و معادله (۲) مراجعه شود) ارائه می‌شود.

۸-۲-۲ ارزیابی اختلاف جذب غیر صفر

تأخیر فاز ایجاد شده توسط نمونه آزمون با محاسبه تفاوت بین اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده از باریکه کاوش‌گر (بدون نمونه آزمون، به زیربند ۱-۱-۷ و معادله (۱) مراجعه شود) و اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده بعد از میان نمونه آزمون (به زیربند ۳-۱-۷ مراجعه شود) ارائه می‌شود. علاوه بر آن اختلاف جذب نسبی را می‌توان مطابق معادله (۳) تعیین کرد.

۸-۳ ارزیابی تأخیر فاز $\pi/2$

۸-۳-۱ ارزیابی اختلاف جذب صفر

تأخیر فاز ایجاد شده توسط نمونه آزمون، با محاسبه تفاوت بین اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده باریکه کاوش‌گر (بدون نمونه آزمون، به زیربند ۱-۱-۷ و معادله (۱) مراجعه شود) و اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده بعد از عبور از میان نمونه آزمون (به زیربند ۲-۱-۷ و معادله (۲) مراجعه شود) ارائه می‌شود.

۸-۳-۲ ارزیابی اختلاف جذب غیرصفر

تأخیر فاز ایجاد شده توسط نمونه آزمون با محاسبه تفاوت بین اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده باریکه کاوش‌گر (بدون نمونه آزمون، به زیربند ۱-۱-۷ و معادله (۱) مراجعه شود) و اختلاف فاز اندازه‌گیری‌شده بعد از عبور نمونه آزمون (به زیربند ۳-۱-۷ مراجعه شود) ارائه می‌شود. علاوه بر آن اختلاف جذب نسبی را می‌توان مطابق معادله (۳) تعیین کرد.

۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف) اطلاعات عمومی

۱) آزمون مطابق با استاندارد ISO 24013:2006 انجام شده باشد؛
۲) تاریخ آزمون؛

۳) نام و نشانی سازمان آزمون‌کننده؛
۴) نام شخص انجام‌دهنده آزمون.

ب) اطلاعات مربوط به نمونه آزمون
۱) نوع نمونه؛
۲) سازنده؛
۳) تعیین مدل سازنده؛
۴) شماره سریال.

پ) شرایط آزمون
۱) طول‌موج (های) لیزر؛
۲) تنظیمات پارامترهای لیزر:
- توان یا انرژی خروجی؛
- جریان یا انرژی ورودی.
۳) سبک ساختاری؛
۴) قطبش؛
۵) شرایط محیطی؛
- دما؛
- رطوبت؛
- روشنایی اتاق.

ت) اطلاعات مربوط به انجام آزمون و ارزیابی
۱) روش آزمون مورد استفاده؛
۲) سامانه آشکارساز و نمونه‌برداری:
- زمان پاسخ سامانه آشکارساز؛
- تأخیر فعالسازی[1] نمونه‌برداری (تنها برای لیزرهای پالسی)[2]؛
- فاصله زمانی اندازه‌گیری (تنها برای لیزرهای پالسی).
۳) اپتیک تشکیل‌دهنده باریکه و روش تضعیف:
- نوع تضعیف‌کننده[3]؛
- نوع تقسیم‌کننده باریکه[4]؛
- نوع المان تمرکز[1].

---

1 - Trigger delay
2 - Pulsed laser
3 - Attenuator
4 - Beam splitter

۴) دیگر اجزای اپتیکی و ابزارهای مورد استفاده در آزمون (قطبش‌گر، تک‌فام‌ساز[۲] و غیره)؛
۵) دیگر پارامترها یا خصوصیات مربوط به آزمونی که قرار است انتخاب شوند (تنظیمات روزنه، صفحه مرجع، محور مرجع، سامانه آزمایشگاهی)؛
۶) تأخبر فاز اندازه‌گیری‌شده $\Delta\delta$؛
۷) عدم‌قطعیت اندازه‌گیری.

1 - Focusing element
2- Monochromator

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

پیش‌زمینه نظری

الف – ۱ توصیف یک موج قطبیده

یک موج الکترومغناطیس با قطبش دلخواه و بردار میدان E که در جهت z منتشر می‌شود توسط روابط زیر توصیف می‌شود.

$$E_x = a_1 \cos(\tau + \delta_1)$$
$$E_y = a_2 \cos(\tau + \delta_2)$$
$$E_z = 0$$

(الف-۱)

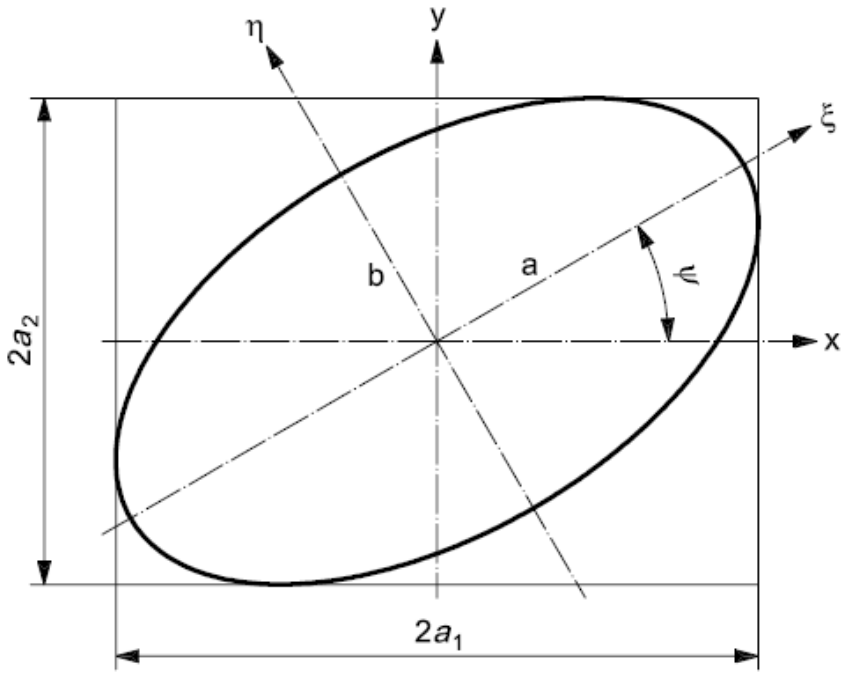
که در آن :

a_1 , a_2 دامنه‌ها در جهت x و y هستند؛

τ قسمت متغیر عامل فاز است؛

δ_1 و δ_2 قسمت ثابت عامل فاز هستند.

حالت قطبش به طور معمول توسط بیضی ارتعاشی برای بردار الکتریکی همان‌گونه که در شکل الف -۱ نشان داده شده، ارائه می‌شود.



راهنما:

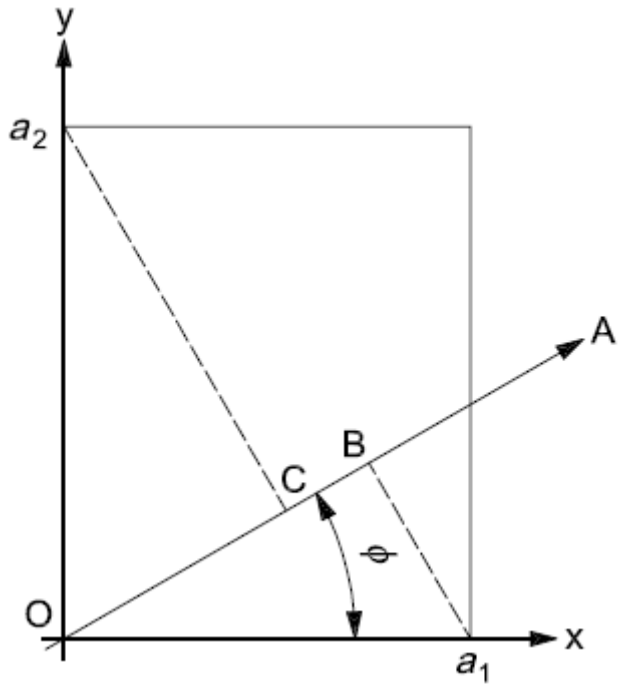
a	محور اصلی بیضی ارتعاشی	x,y	محورهای مختصات از سامانه مختصات مطلق
b	محور اصلی بیضی ارتعاشی	η و ξ	محورهای مختصات از سامانه مختصات اصلی
a_1	دامنه میدان الکتریکی در جهت x	ψ	زاویه بین محور اصلی بیضی ارتعاشی و محور x
a_2	دامنه میدان الکتریکی در جهت y		

شکل الف – ۱ بیضی ارتعاشی یک موج قطبیده

در حالت معمول، قطبش توسط یک بیضی با دو محور اصلی a و b نمایش داده می‌شود که در آن، محور اصلی ξ حول محور مرجع x با زاویه ψ چرخیده است. حالت قطبش یا توسط a و b و ψ یا توسط a_2 , a_1 و ξ، که در آن $\delta = \delta_1 - \delta_2$، توصیف می‌شود.

الف – ۲ تحلیل حالت قطبش

برای تحلیل حالت قطبش، یک تحلیل‌گر حول باریکه‌ای که قرار است مشخصه‌یابی شود، چرخانده می‌شود. تحلیل‌گر تنها بخشی از میدان الکتریکی را که هم‌جهت با تحلیل‌گر باشد را (چنان‌که در شکل الف-۲ نشان داده‌شده) انتقال می‌دهد.



راهنما:

a_1	دامنه میدان الکتریکی در جهت x	B	نقطه تقاطع عمود بر A (A بر a_1)
a_2	دامنه میدان الکتریکی در جهت y	C	نقطه تقاطع عمود بر A (A بر a_2)
x,y	محورهای مختصات سامانه مختصات مطلق	O	مبدأ سامانه مختصات
A	جهت تحلیل‌گر	ϕ	زاویه بین تحلیل‌گر و محور x

شکل الف – ۲ نور انتقال یافته از یک تحلیل‌گر

از میدان الکتریکی با دامنه‌های a_1 و a_2 به‌ترتیب در جهت‌های x و y، تنها اجزای موازی با تحلیل‌گر انتقال می‌یابند. زاویه بین تحلیل‌گر و جهت x با ϕ ارائه می‌شود. این اجزا OB و OC هستند که با روابط زیر داده می‌شوند:

$$\mathrm{OB} = a_1 \cos\phi \qquad \mathrm{OC} = a_2 \sin\phi \tag{الف-۲}$$

سیگنال اندازه‌گیری‌شده در آشکارساز بعد از عبور از تحلیل‌گر، به‌طور مستقیم با E^2 متناسب است. این مقدار از تداخل این دو موج تک‌رنگ با اختلاف فاز δ به دست آمده و توسط معادله زیر، به‌دست می‌آید:

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2\sqrt{E_1^2 E_2^2}\cos\delta \tag{الف-۳}$$

با توجه به دامنه‌های داده‌شده توسط معادله (الف -۲)، می‌توان نتیجه گرفت:

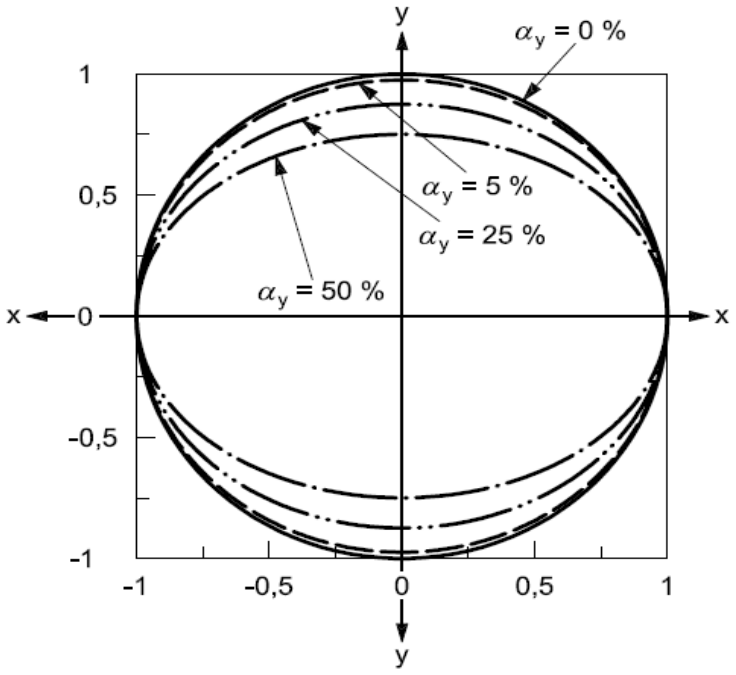
$$\frac{E^2(\phi)}{a_1^2} = \cos^2\phi + \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 \sin^2\phi + \frac{a_2}{a_1}\sin(2\phi)\cos\delta \tag{الف-۴}$$

سیگنال روی آشکارساز برای زوایای مختلف ϕ تحلیل‌گر، توسط معادله (الف -۴) توصیف می‌شود.

الف -۳ اثر جذب

برای نمونه‌های جاذب، باریکه قبل از عبور از تحلیل‌گر باید به‌طور آرمانی برای نمونه‌هایی با تأخیر فازهای نزدیک به صفر و نزدیک به $\pi/2$، به‌صورت دایره‌ای قطبیده باشد. اختلاف در جذب میدان الکتریکی بین جهت x و y اثری بر اختلاف فاز δ از اجزای میدان الکتریکی ندارد اما دامنه‌های آن‌ها را تغییر می‌دهد. شکل الف -۳ و شکل الف -۴ اثر جذب را نشان می‌دهند که در آن‌ها، جذب در جهت y، بزرگتر از صفر و جذب در جهت x، صفر فرض شده است.

تغییر در مدولاسیون[1] سیگنال آشکارساز، حاصل از تأخیر فاز نبوده (اختلاف فاز در $\pi/2$ باقی می‌ماند) بلکه ناشی از تغییر دامنه دو جزء بردار میدان الکتریکی شود. بیشینه سیگنال آشکارساز برای جذب بزرگتر در جهت y در صفر درجه و°۱۸۰ بوده، برای جذب بزرگتر در جهت x نیز در °۹۰ و °۲۷۰ می‌باشد.



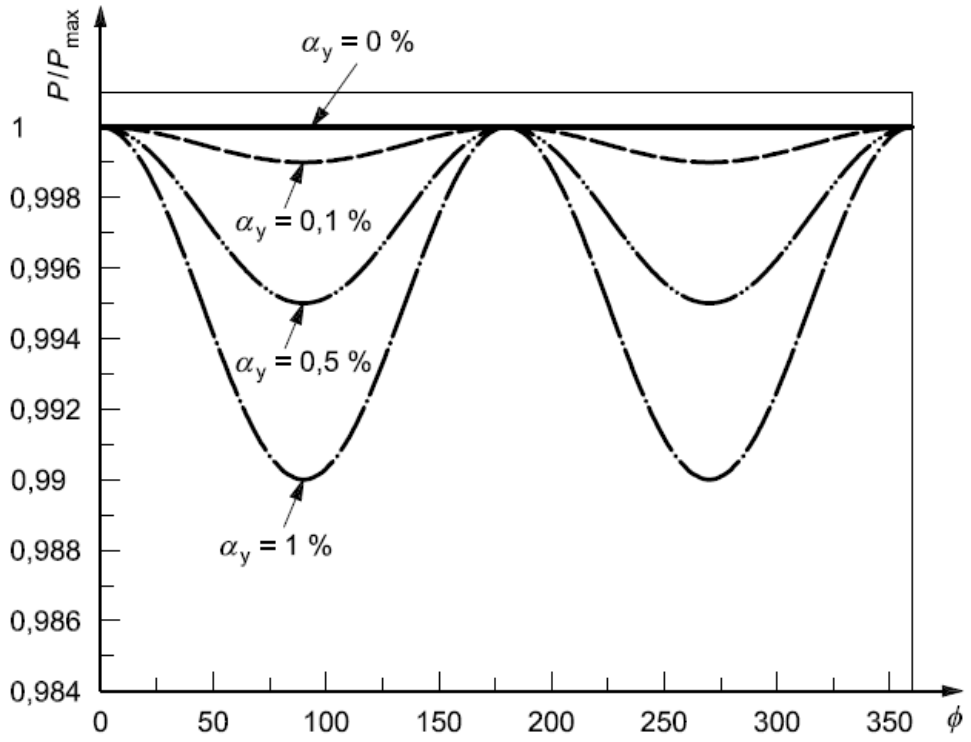
راهنما:

x و y محورهای مختصات سامانه مختصات مطلق

$\propto_y$ جذب در جهت y

شکل الف – ۳ اثر اختلاف جذب بر بیضی ارتعاشی

1- Modulation



راهنما:

$\frac{P}{P_{max}}$ سیگنال نرمال‌شده(بهنجار شده) آشکارساز

ϕ زاویه بین تحلیل‌گر و محور x

α_y جذب در جهت y

شکل الف -۴- اثر اختلاف جذب بر سیگنال آشکارساز

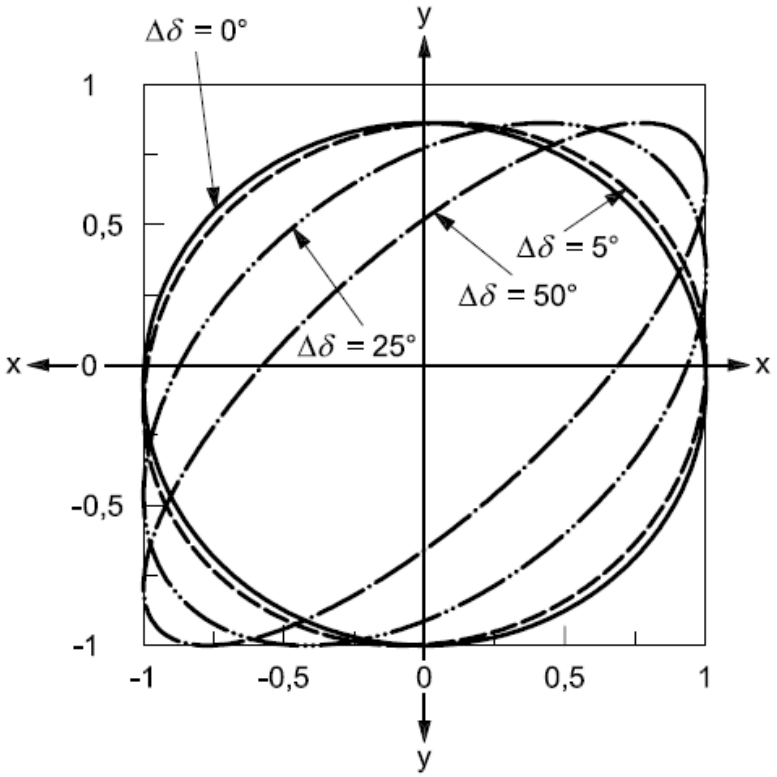
الف -۴ اثر تأخیر فاز

یک تأخیر فاز خالص در غیاب اختلاف جذب، بر دامنه‌های موج برخوردی اثری ندارد. از آن‌جا که نسبت دامنه‌ها در جهت x و y ثابت می‌ماند زاویه ψ از موج برخوردی، تغییر نمی‌کند. چنان‌که در شکل الف -۵ مشاهده می‌شود تأخیر فاز $\Delta\delta$، سبب تغییر شکل در بیضی ارتعاشی می‌شود.

تأخیر فاز از محاسبه تفاوت بین اختلاف فاز بعد و قبل از نمونه، ارائه می‌شود:

$$\Delta\delta = \delta_{\text{after sample}} - \delta_{\text{before sample}} \quad \text{(الف-۵)}$$

مطابق با شکل الف-۶، بیشینه سیگنال‌های آشکارساز برای یک تأخیر فاز بزرگتر از صفر، در 45° و 225° شناسایی‌شده، در حالی‌که برای تأخیر فاز کوچکتر از صفر، در 135° و 315°، شناسایی می‌شوند.

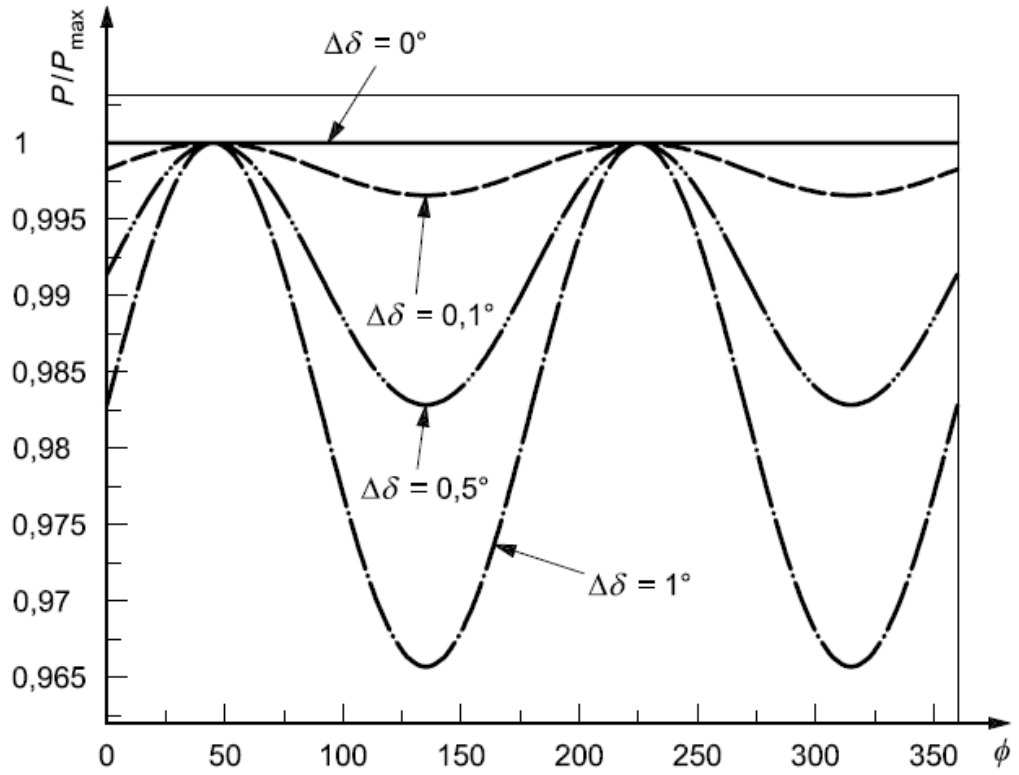


راهنما:

x,y محورهای مختصات سامانه مختصات مطلق

Δδ تاخیر فاز

شکل الف – ۵ - اثر تأخیر فاز بر بیضی ارتعاشی



راهنما:

$\frac{P}{P_{max}}$ سیگنال نرمال‌شده (بهنجار شده) آشکارساز

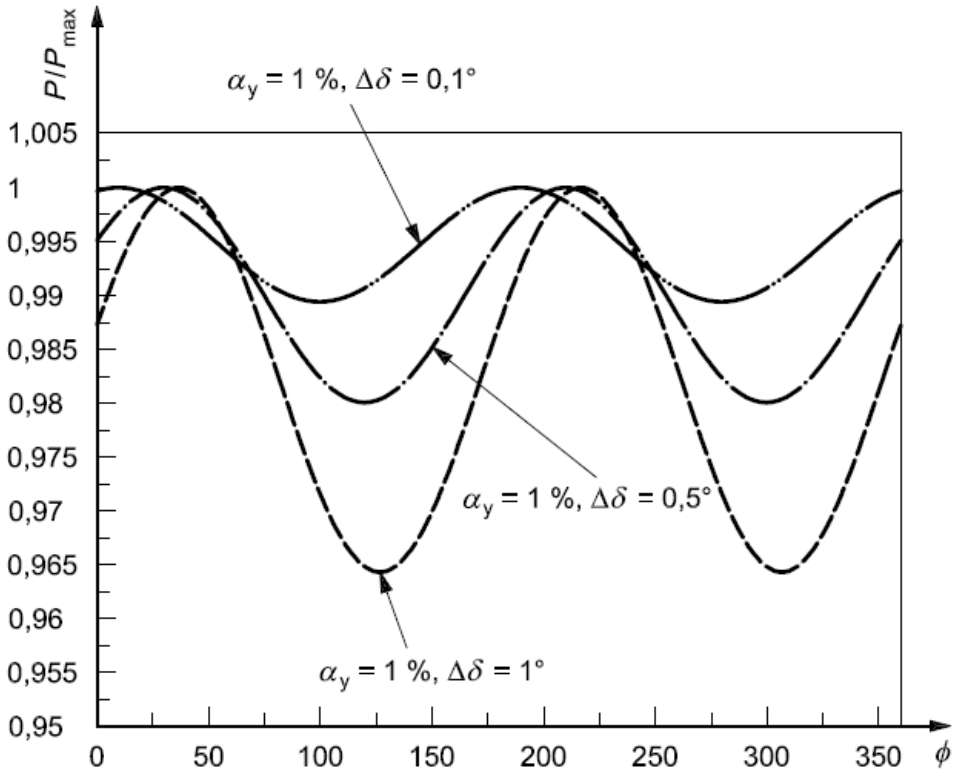
ϕ زاویه بین تحلیل‌گر و محور x

$\Delta\delta$ تأخیر فاز

شکل الف -۶ - اثر تأخیر فاز بر روی سیگنال آشکارساز

الف -۵ اثر جذب و تأخیر فاز

وجود همزمان جذب و تأخیر فاز، منجر به مدولاسیون سیگنال آشکارساز و تغییر زاویه Ψ (چنان‌که در شکل الف -۷ نشان داده‌شده) می‌شود. معادله (الف-۴) شامل اثر جذب و تأخیر فاز می‌باشد.



راهنما:

$\frac{P}{P_{max}}$ سیگنال نرمال‌شده (بهنجار شده) آشکارساز

ϕ زاویه بین تحلیل‌گر و محور x

$\propto_y$ جذب در جهت y

$\Delta\delta$ تأخیر فاز

شکل الف -۷ - اثر اختلاف جذب و تأخیر فاز بر روی سیگنال آشکارساز

الف-۶ اندازه‌گیری تأخیر فاز– خلاصه فرمول مورد استفاده

تابع دو مجهولی که در معادله (الف-۴) شرح داده شد، با سیگنال اندازه‌گیری‌شده آشکارساز، برازش می‌شود. پارامترهای برازش، نسبت دامنه a_2/a_1 و اختلاف فاز δ هستند. دامنه a_1 و a_2، اثر جذب را توصیف می‌کنند. برای یک موج برخوردی تحت $\psi=45^\circ$ و برای یک باریکه قطبیده دایره‌ای، نسبت دامنه توسط معادله زیر داده می‌شود:

$$\frac{E^2(90^\circ)}{E^2(0^\circ)} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 \qquad \frac{a_2}{a_1} = \sqrt{\frac{1-\alpha_y}{1-\alpha_x}} \qquad \text{(الف-۶)}$$

که در آن $\propto_x$ و $\propto_y$ به ترتیب، جذب در جهت x و y است.

زاویه ψ از پارامترهای برازش طبق معادله زیر، به‌دست می‌آید:

(الف-۷)

$$\tan(2\psi) = \tan\left[2\arctan\left(\frac{a_2}{a_1}\right)\right]\cos\delta$$

در حالتی‌که اختلاف جذب، وجود ندارد برای اندازه‌گیری، کافی است آشکارساز در دو موقعیت ۴۵° و ۱۳۵° نسبت به تحلیل‌گر باشد. سپس اختلاف فاز از معادله زیر به‌دست می‌آید:

(الف-۸)

$$\cos\delta = \frac{\dfrac{E^2(45°)}{E^2(135°)} - 1}{\dfrac{E^2(45°)}{E^2(135°)} + 1}$$

در حالت اختلاف جذب غیر صفر، اختلاف فاز توسط معادله زیر به دست می‌آید:

(الف-۹)

$$\frac{E^2(45°)}{E^2(0°)} - \frac{E^2(135°)}{E^2(0°)} = 2\frac{a_2}{a_1}\cos\delta = 2\sqrt{\frac{E^2(90°)}{E^2(0°)}}\cos\delta$$

$$\cos\delta = \frac{E^2(45°) - E^2(135°)}{2\sqrt{E^2(90°)\,E^2(0°)}}$$

اختلاف نسبی در جذب، توسط رابطه (الف-۶) ارائه می‌شود.

کتاب‌نامه

[1] BORN, M. and WOLF, E., Principles of Optics, 6th Edition, Chapter 1.4.2 The harmonic electromagnetic plane wave, pp. 24-28; Chapter 14.4.3 Interference with crystal plates, pp. 694-696, Pergamon Press